

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-065244

(43)Date of publication of application : 05.03.2003

(51)Int.Cl.

F04B 49/06

F04B 35/04

H02K 33/02

H02P 7/00

(21)Application number : 2001-261670

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 30.08.2001

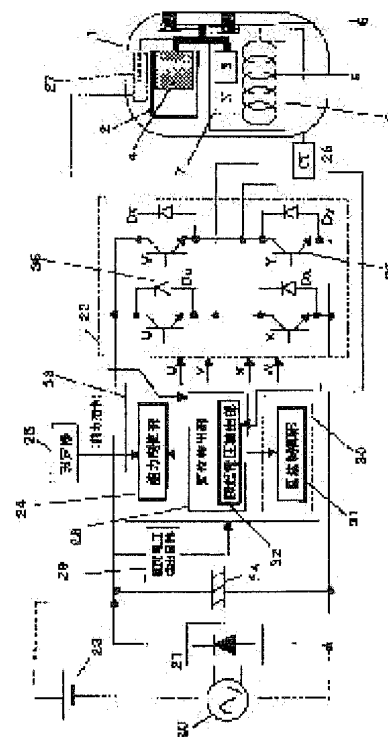
(72)Inventor : YOSHIDA MAKOTO
HASEGAWA SUGIMATSU
UEDA MITSUO

(54) CONTROL DRIVING DEVICE AND CONTROL DRIVING METHOD OF LINEAR COMPRESSOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent collision between a piston and cylinder of a linear compressor with high responsiveness, and recover a disturbance vibrational energy, in a control driving device of linear compressor reduced in size, and having a high efficiency and high reliability.

SOLUTION: This control driving device of the linear compressor comprises: a regeneration control part 31 which controls such that a current flowing in a linear motor 3 of the linear compressor 1 is the same in direction as an induced voltage; and a function control part 24 which performs approximately constant control of an applied voltage to the motor, the induced voltage generated in the motor, and a piston stroke. Accordingly, by means of a regenerative braking force, the collision between the piston and the cylinder of the linear compressor is prevented and the stroke is stabilized.



(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
F 0 4 B 49/06	3 4 1	F 0 4 B 49/06	3 4 1 E 3 H 0 4 5
35/04		35/04	3 H 0 7 6
H 0 2 K 33/02		H 0 2 K 33/02	B 5 H 5 4 0
H 0 2 P 7/00	1 0 1	H 0 2 P 7/00	1 0 1 B 5 H 6 3 3

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-261670(P2001-261670)

(22) 出願日 平成13年8月30日(2001.8.30)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 吉田 誠

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 長谷川 杉松

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

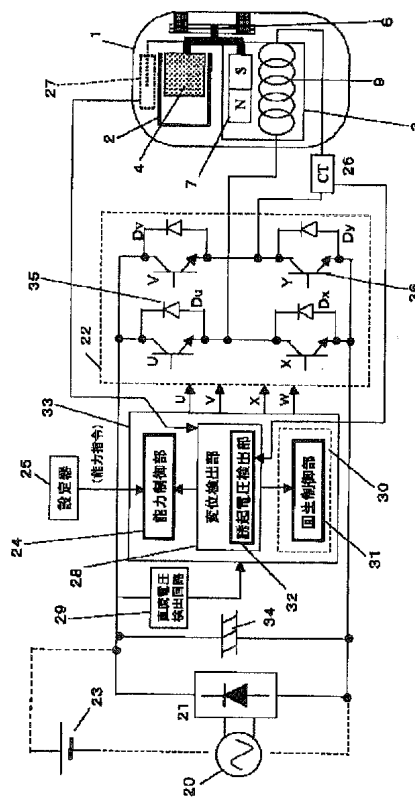
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リニア圧縮機の制御駆動装置及び制御駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 ハイレスポンスにリニア圧縮機のピストンとシリンダの衝突を防止し、かつ外乱振動エネルギーの回収が可能な、小型・高効率で、高い信頼性のリニア圧縮機の制御駆動装置を提供する。

【解決手段】 リニア圧縮機の制御駆動装置において、リニア圧縮機1のリニアモータ3に流れる電流と誘起電圧が同方向になるように制御する回生制御部31と、モータへの印加電圧、モータで発生する誘起電圧、ピストンのストロークを略一定に制御する能力制御部24とを設けた。これにより、回生制動力でリニア圧縮機のピストンとシリンダの衝突防止やストロークの安定化を図るようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 密閉容器内に支持されるシリンダーと、該シリンダー内を可動自在にばね部材で支持されたピストンと、該ピストンに可動方向の推力を与えるリニアモータとからなるリニア圧縮機を制御駆動する装置であって、前記リニアモータに交流電力を供給して前記ピストンを往復運動させる駆動装置と、前記リニア圧縮機の能力が所望の値となるようにリニアモータを制御する能力制御部と、前記ピストンとシリンダーが衝突するのを防止する衝突防止手段とを備え、該衝突防止手段には、リニアモータに流れる電流の方向と、該リニアモータに誘起されている誘起電圧の方向とが、同じ方向になるように所定の制御を行なう回生制御部が設けられていることを特徴とするリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項2】 前記回生制御部は前記所定の制御において、リニアモータに流れる電流の方向と該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるようにするために、リニアモータへの印加電圧を低減することを特徴とする請求項1記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項3】 前記回生制御部は前記所定の制御において、リニアモータに流れる電流の方向と当該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるようにするために、リニアモータへの印加電圧の位相を変化させることを特徴とする請求項1記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項4】 前記能力制御部は、所望の能力に対応してリニアモータへの印加電圧を略一定に制御することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項5】 リニアモータの誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段をさらに備え、前記能力制御部が、所望の能力に対応して前記誘起電圧を略一定に制御することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項6】 前記誘起電圧検出手段が、電流の変化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いて誘起電圧を求めることを特徴とする請求項5記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項7】 ピストンの変位を検出するピストン変位検出手段をさらに備え、前記能力制御部が、所望の能力に対応して前記ピストンの変位を略一定に制御することを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項8】 前記ピストン変位検出手段が、電流の変

化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いてピストン変位を求めることを特徴とする請求項7記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項9】 車両に搭載されることを特徴とする請求項1ないし請求項8のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項10】 一の電源と、該一の電源に並列に接続されたバッテリーとを備えたことを特徴とする請求項1ないし請求項9のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動装置。

【請求項11】 密閉容器内に支持されるシリンダーと、該シリンダー内を可動自在にばね部材で支持されたピストンと、該ピストンに可動方向の推力を与えるリニアモータとからなるリニア圧縮機を制御駆動する方法であって、ピストンとシリンダーが衝突する危険性があると判断したときに、リニアモータに流れる電流の方向と該リニアモータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるように所定の制御を行なうことにより、前記ピストンとシリンダーが衝突するのを防止することを特徴とするリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項12】 前記所定の制御において、リニアモータに流れる電流の方向と該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるようにするために、リニアモータへの印加電圧を低減することを特徴とする請求項11記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項13】 前記所定の制御において、リニアモータに流れる電流の方向と当該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるようにするために、リニアモータへの印加電圧の位相を変化させることを特徴とする請求項11記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項14】 所望の能力に対応してリニアモータへの印加電圧を略一定に制御することを特徴とする請求項11ないし請求項13のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項15】 さらにリニアモータの誘起電圧を検出し、該検出した誘起電圧を用いて所望の能力に対応して前記誘起電圧を略一定に制御することを特徴とする請求項11ないし請求項13のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項16】 電流の変化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いて誘起電圧を求めることを特徴とする請求項15記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項17】 ピストンの変位を検出し、該検出したピストンの変位を用いて所望の能力に対応して前記ピストンの変位を略一定に制御することを特徴とする請求項11ないし請求項13のいずれか一つに記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【請求項18】 電流の変化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いてピストン変位を求めることを

10

20

30

40

50

特徴とする請求項 17 記載のリニア圧縮機の制御駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、シリンダ内のピストンをリニアモータにより往復運動させるリニア圧縮機の衝突防止技術、及び外乱振動中でのリニア圧縮機の制御駆動技術に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的なりニア圧縮機とその駆動方法について説明をする。図 16 はシリンダ内のピストンをリニアモータにより往復運動させるリニア圧縮機の縦断面図である。リニア圧縮機 1 は、所定の軸線に沿って並ぶシリンダ部 2 と、モータ部 3 と、シリンダ部 2 内に配置され、上記軸線方向に沿って摺動自在に支持されたピストン 4 と、その一端がピストン 4 の背面側に固定されるピストンロッド 5 と、ピストンロッド 5 の他端側にばね固定部 14 にて支持された支持ばね（共振用板ばね）6 とを備える。

【0003】シリンダ部 2 内には、シリンダ内周壁 2a とシリンダヘッド 2b とピストン圧縮面 4a により囲まれた密閉空間である圧縮室 10 が形成されている。シリンダヘッド 2b には、冷媒ガス吸入通路 11 から圧縮室 10 に低压冷媒ガスを吸入するためのガス吸入バルブ 12 と、圧縮室 10 から冷媒ガス吐出配管へ高压冷媒ガスを吐き出すための吐出バルブ 13 がある。これらの各バルブは、冷媒の逆流防止の役も担っている。

【0004】また、ピストンロッド 5 には、界磁極となるマグネット 7 が取り付けられており、このマグネット 7 と、マグネット 7 の周囲に配された電機子コア 8 と、電機子巻線 9 とからモータ部 3 を形成している。そして、駆動装置（図示せず）からモータ部 3 の電機子巻線 9 へ交流電流を供給することで、電機子巻線 9 とマグネット 7 との間で発生する電磁力及び支持ばね 6 の共振力により、ピストン 4 がその軸線方向に沿って往復運動し、これに合せて冷媒の吸入、圧縮、吐出動作が繰り返して行なわれるようになっている。

【0005】以上のようなリニア圧縮機 1 では、構造上、ピストン先端部がシリンダヘッド 2b に衝突する危険性がある。圧縮運転中のピストン 4 には圧縮室 10 の圧力とピストン 4 の背面圧力との差から、往復動の中心位置がオフセットされる。よって、負荷状態が変化し、それによってピストン 4 にかかる圧力による力が増減すると、ピストン 4 の振動の中心位置とストロークが変化し、条件によってはピストン 4 とシリンダヘッド 2b が衝突する可能性がある。そしてこれを回避する方法としては、特開平 11-324911 号公報に示すようなものがある。この公報に開示された方法では、電流指令値に基づきリニア圧縮機を駆動している際に、ピストンがシリンダーに衝突する恐れが発生したときには、電流指

令値を低減して衝突を防止している。そしてさらに衝突の危険性が深刻な場合には、圧縮機の通電を停止することで衝突を回避しようとする。

【0006】次に、外乱振動が作用する中でのリニア圧縮機の制御に関しては、殆ど先行例がないのが現状で、ごく僅かりニアアクチュエータにおいて特開 2000-78885 号公報に示されるようなものがある。この公報に開示された方法では、外乱によってアクチュエータ部分が停止させられた際に、それを検出して保護のために通電を停止するようにしている。この場合、本来の機能を犠牲にして外乱に対処することになる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述の特開平 11-324911 号公報の衝突保護においては、リニアモータに流れる電流を低減するか通電を停止するだけであるので、ピストンの運動方向と逆方向の電磁的な制動力は作用しないので、慣性や振動系の減衰等で決まる比較的長い時間、運動を続けることとなり、急激にピストン変位が増大した場合には衝突を回避できない可能性がある。

【0008】また、外乱振動が作用するような環境においては、リニア圧縮機の場合、ピストンがバネで支持されているので、その外乱振動がピストンの変位に影響を与え、頻繁に衝突の危険性が発生する。従って頻繁に電流を低減することで圧縮機的能力が不足したり、不安定になったりする恐れがある。さらに最悪の場合には、圧縮機を停止してしまうので、本来の機能が全く失われるという恐れもある。

【0009】また、衝突を防止する際のピストンの余剰運動エネルギーや、定常運転時の外乱振動のエネルギーを有効に活用するということがなかった。

【0010】またピストン変位を検出するのに変位センサーを使用しているので、コスト高やサイズが大きくなるという課題もあった。

【0011】本発明は、上記課題を解決するためのもので、リニア圧縮機におけるハイレスポンスで効率の良い衝突防止技術と、外乱振動中でも安定かつ高効率で、ひいては電力回生も可能なリニア圧縮機の制御駆動技術を、比較的安価な構成で提供することを目的とするものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明のリニア圧縮機の制御駆動装置は以下の構成を有する。

【0013】（1）制御駆動装置は、密閉容器内に支持されるシリンダーと、シリンダー内を可動自在にばね部材で支持されたピストンと、ピストンに可動方向の推力を与えるリニアモータとからなるリニア圧縮機を制御駆動する装置であって、リニアモータに交流電力を供給してピストンを往復運動させる駆動装置と、リニア圧縮機

の能力が所望の値となるようにリニアモータを制御する能力制御部と、ピストンとシリンダが衝突するのを防止する衝突防止手段を具備する。衝突防止手段には、リニアモータに流れる電流の方向と、リニアモータに誘起されている誘起電圧の方向とが、同じ方向になるように所定の制御を行なう回生制御部が設けられている。上記の回生制御部はリニアモータに流れる電流の方向と、誘起電圧の方向とが、同じ方向になるように所定の制御を行なうので、リニアモータが回生（発電）状態となり、ピストンには制動力（ブレーキ）が作用してハイレスポンスに衝突回避をすることができる。また、ピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0014】（2）上記の回生制御部は、リニアモータへの印加電圧を低減することで、流れる電流の方向と、当該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが、同じ方向になるように制御してもよい。このような回生制御部によって、印加電圧を、リニアモータに誘起されている誘起電圧よりも小さくなるまで低減することで、モータ側から駆動装置側へと電流が流れ、リニアモータが回生（発電）状態となり、ピストンには制動力（ブレーキ）が作用する。従って、比較的簡単な構成と制御でハイレスポンスに衝突回避をことができ、かつピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0015】（3）回生制御部は、リニアモータへの印加電圧の位相を変化させることで、流れる電流の方向と、当該モータに誘起されている誘起電圧の方向とが、同じ方向になるように制御してもよい。このような回生制御部によって、印加電圧の位相を急激に変化させることで、流れる電流の方向も急激に変化し、誘起電圧と同じ方向に電流が流れ、リニアモータが急激に回生（発電）状態となり、ピストンには制動力（ブレーキ）が作用する。従って、極めてハイレスポンスに衝突回避をすることができる、かつピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0016】（4）能力制御部は、所望の能力に対応して、リニアモータへの印加電圧を略一定に制御してもよい。このような能力制御部によって、たとえ外乱振動の影響でピストンの振幅が増大してきても、それに比例して誘起電圧も増大するので、誘起電圧が印加電圧よりも大きくなった際には、モータ側から駆動装置側へ電流が流れて回生状態となり、ピストンには制動力（ブレーキ）が作用し、振幅の最大値が制限される。

【0017】また逆に、外乱振動の影響でピストンの振幅が減少してきたときには、それに比例して誘起電圧も減少するので、流れる電流が増えて、ピストンには推進力が追加作用し、振幅の最小値が制限される。

【0018】従って当該能力制御部によって、衝突防止時だけではなく、通常動作時にも、外乱振動による余剰

エネルギーを電力に変換することができ、さらなる省エネ、高効率化が図れる。

【0019】同時に比較的簡単な制御と構成で、外乱振動に対するピストン振幅の安定化が図れる。

【0020】（5）リニア圧縮機の制御駆動装置はさらにリニアモータの誘起電圧を検出する誘起電圧検出手段を備え、能力制御部が所望の能力に対応して誘起電圧を略一定に制御するようにしてもよい。能力制御部によって、たとえ外乱振動の影響で、ピストン振幅が増大や減少しそうになっても、それに比例して変化する誘起電圧を安定化しているので、振幅を安定化することができる。具体的には、誘起電圧（振幅に比例）の増大を抑制する際には、電流を誘起電圧と同じ方向に流してモータを回生状態にして制動力を作用させ、また誘起電圧（振幅に比例）の減少を抑制する際には、誘起電圧と逆方向に電流を流して追加の推進力を作用させ誘起電圧（振幅に比例）の安定化を図る。従って、比較的精度よく、外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ることができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0021】（6）リニア圧縮機の制御駆動装置がさらにピストンの変位を検出するピストン変位検出手段を備え、かつ、能力制御部が所望の能力に対応してピストン変位を略一定に制御してもよい。このような能力制御部によって、直接変位を検出して、その変位の増大を抑制する際には、電流を誘起電圧と同じ方向に流してモータを回生状態にして制動力を作用させ、また変位の減少を抑制する際には、誘起電圧と逆方向に電流を流して追加の推進力を作用させている。従って、幅広い条件で、極めて精度よく、外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ることができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0022】（7）誘起電圧検出手段は、電流の変化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いて誘起電圧を求めてもよい。上記の能力制御部によって、誘起電圧を、駆動装置自身が出力している電流と電圧から演算して検出しているので、誘起電圧を検出するにあたって特別な速度センサや位置センサを用いる必要がない。従って、安価な構成で、比較的精度よく、外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ることができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0023】（8）ピストン変位検出手段は、電流の変化率が略ゼロの点における瞬時電流と瞬時電圧を用いてピストン変位を求めてもよい。上記の能力制御部は、ピストン変位を、制御駆動装置自身が出力している電流と電圧から演算して検出しているので、ピストン変位を検出するにあたって特別な速度センサや位置センサを用いる必要がない。従って、安価な構成で、極めて精度よく、外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ること

10

20

30

40

50

ができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0024】(9) 上記のリニア圧縮機の制御駆動装置は車両に搭載されて使用されてもよい。これによって、車両走行時に発生する振動エネルギーが、外乱振動としてリニア圧縮機のピストンに作用し、これを制動する際に、リニア圧縮機が回生状態となり、従来無駄になっていた車両の振動エネルギーを電気エネルギーとして回収することができる。また、外乱振動にリニア圧縮機の圧縮動作を委ねることで、駆動電力が低減され省エネを図ることができる。さらに車の燃費向上も期待できる。

【0025】(10) 駆動装置は、一の電源と、その電源に並列に接続されたバッテリーとを備えてもよい。そのような構成によって、バッテリーに電力を回生することができ、回生効率がアップし、また回生制動時に発生する電圧上昇の保護も可能となる。さらにこのバッテリーが、例えば電気自動車やハイブリッド自動車の電源の場合には、車の燃費向上も期待できる。

【0026】本発明のリニア圧縮機の制御駆動方法は、密閉容器内に支持されるシリンダーと、シリンダー内を可動自在にばね部材で支持されたピストンと、ピストンに可動方向の推力を与えるリニアモータとからなるリニア圧縮機を制御駆動する方法であって、ピストンとシリンダーが衝突する危険性があると判断したときに、リニアモータに流れる電流の方向と該リニアモータに誘起されている誘起電圧の方向とが同じ方向になるように所定の制御を行なうことにより、ピストンとシリンダーが衝突するのを防止する。

【0027】

【発明の実施の形態】以下添付の図面を参照しながら本発明に係るリニア圧縮機の制御駆動装置の実施の形態を詳細に説明する。

【0028】(実施の形態1) 図1は、本発明の実施の形態1におけるリニア圧縮機の制御駆動装置(以下「制御駆動装置」という。)の構成図である。

【0029】制御駆動装置はリニア圧縮機1を制御駆動する装置であって、整流ダイオード21と、平滑コンデンサ34と、制御部33と、駆動部22とを有する。制御部33は能力制御部24、変位検出部28及び衝突防止手段30とからなる。制御部33はリニア圧縮機1の能力(出力)を設定するための能力指令値を設定器25から受信する。駆動部22は、四個の、通電素子(IGBT)36とフライホイールダイオード35対を有する。

【0030】リニア圧縮機1はシリンダー部2とモータ部3からなる。シリンダー部2はピストン4を備え、そのピストン4の変位は変位センサ27により検出される。モータ部3はマグネット7、電機子巻線9及び支持ばね(共振板ばね)6を含み、リニアモータを構成する。

【0031】制御駆動装置は商用電源20から電源が供

給され、その交流電圧を整流ダイオード21によって整流し、平滑コンデンサ34にてリップルの少ない直流電圧に変換している。自動車等の車両の場合には、平滑コンデンサ34から直流電圧を得る代わりにバッテリー23から直流電圧が供給される。そしてこの直流電圧を駆動部22内のU、V、X、Yの四個の通電素子(IGBT)のスイッチング動作によって交流電圧、電流に変換して、リニア圧縮機1内のモータ部3へ供給して圧縮機1を駆動している。

【0032】次に制御駆動装置の定常時の駆動状態について図2及び図3(a)を用いて説明をする。

【0033】図2は、定常時の駆動状態におけるリニア圧縮機1のモータ部3への印加電圧V、モータ部3の巻線9に流れる電流I、モータ部3の巻線9に発生する誘起電圧E、及び、ピストン4の変位Xの関係を示した図であり、図3(a)はそのときの等価回路図である。なお、実際の印加電圧は図4に示すようなPWM変調された正弦波であるが、説明上は理想正弦波としている。また誘起電圧Eの方向は、図3(a)の等価回路に示すように、印加電圧Vとは逆方向にとってある。

【0034】図2において、印加電圧Vを基準にして見ると、電流Iはモータのインダクタンス(図3(a)に示すL)の影響で、 θ だけ遅れた位相となっている。またピストン4の変位Xの位相は、電流Iからさらに 90° 遅れた位相となっている。これはリニア圧縮機1においては、機械共振を利用しているので、変位Xとそれに加わる力の位相が 90° ずれているためである。力の位相(モータからの推力の位相)とはすなわち電流Iの位相である。ここでモータに作用する推力の大きさは、電流値Iに推力定数BL(単位電流あたり発生する推力)を乗じた値となる。

【0035】次に誘起電圧Eの位相は、速度の位相と同じであるので、変位Xの位相から 90° 進んだものとなっており、これは即ち電流の位相と同じである。ここで誘起電圧Eの大きさは、推力定数BLに速度vを乗じた値となる。

【0036】以上述べてきたように、リニア圧縮機1の定常時の駆動状態についてまとめると、印加電圧は機械的共振周波数と等しい周波数を持ち、リニアモータの電流Iの位相と誘起電圧Eの位相が同じであり、電流Iと誘起電圧Eの方向は逆であるということである。

【0037】次に能力制御の方法について説明をする。図1に戻り、設定器25は、リニア圧縮機1の能力(出力)を設定するためのもので、能力制御部24に能力指令値を送信する。能力制御部24は、能力指令値を電流I、電圧V、変位Xに置き換え、これらを制御すべく、駆動部22の通電素子U、V、X、Yをスイッチングし、リニアモータに対する所望の印加電圧、モータ電流、ピストン変位が得られるように駆動部22の出力を制御する。

【0038】ここで、リニアモータに出力されている印加電圧Vのフィードバック値は、直流電圧検出回路29にて検出される電圧と、制御部33自身が出力している電圧デューティ比とを用いて演算することにより知ることができる。またリニアモータに流れる電流Iのフィードバック値については、電流検出部26からの出力により知ることができる。ピストン変位Xのフィードバック値については物理的な変位センサ27や、後述する、電気因子から演算によって求める変位検出部28からの出力により知ることができる。

【0039】図5は、能力制御部24における制御フローチャートである。まず、能力制御部24は所望の能力（能力指令）を入力し（101）、次に実際の能力（出力）を検出する（102）。実際の能力は、上記の如く認識される印加電圧V、電流I、変位Xのフィードバック値によって得られる。そして、所望の能力の値と実際の能力の値とを比較する（103）。所望の能力が変更されていれば、内部指令値を更新し（104）、所望の能力が変更されていなければ内部指令値の更新はせず、能力が所望の値になるように駆動部22の出力を制御する（105）。

【0040】次に本願発明に係る制御駆動装置の要部である衝突防止手段30について説明をする。

【0041】図1に示すように、衝突防止手段30は回生制御部31を備え、変位検出部28から常にリニア圧縮機1のピストン4の変位情報を入力している。この変位が許容値を超えた際に、回生制御部31がピストン4とシリンダ2の衝突の危険性を察知し、駆動部22に回生モード用の駆動信号を出力して、リニア圧縮機1を回生状態にしてピストン4に制動力を作用させる。

【0042】図6は、回生制御部31での制御フローチャートを示したものである。回生制御部31は、変位検出部28からのピストン4の変位情報に基いてピストン4のストローク（振幅の2倍の変位）を検出し（201）、それが許容値より大きいかどうかを判定し（202）、大きい場合には、回生モード用の駆動信号を駆動部22に出力する（203）。

【0043】ここで、リニア圧縮機1を回生状態にするには、図3（b）の等価回路（回生時）に示すように、電流Iを誘起電圧Eと同方向に流すようにすればよく、例えば図3（b）の印加電圧Vを誘起電圧Eよりも小さくすることで、電流Iを同図のごとく流すことができる。この状態においては、ピストン4には負の推力（制動力）が作用し急制動されることとなる。

【0044】図7に本制御及び従来の制御によるストロークの時間変化を比較した結果を示す。図中、実線は本制御を行った場合のストロークの低減を、破線は従来のように電流を低減した場合のストロークの低減を示す。明らかに本制御を行うことでハイレスポンスにストロークが低減、すなわち衝突回避が可能であることが分か

る。

【0045】以上説明したように、本実施形態によれば、ハイレスポンスに衝突回避をすることができ、またピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0046】（実施の形態2）図8を参照し、回生制御部31の具体的な動作について説明する。図8（a）はリニア圧縮機1の定常状態における各部の波形図である。同図において、前述したように印加電圧Vに対して、電流Iが遅れ、それと同相（方向は逆）で誘起電圧Eが発生している。

【0047】今、この状態で上述の如く衝突防止手段30において衝突の危険性が察知されたとすると、回生制御部31は、図8（b）に示すように印加電圧Vを低減する（以下、このような制御を「電圧低減制御」という。）。それにより印加電圧Vが誘起電圧Eよりも小さくなったときに、電流Iが定常状態とは逆方向に流れる。この図8（b）の状態はリニア圧縮機1の誘起電圧Eによって電流Iが電源側に流されている状態（図3（b）参照）を表し、この状態は回生（発電）状態であり、ピストン4には制動力が作用する。その結果、図8（c）に示すようにピストン4の振幅が抑制され、それに比例する誘起電圧Eが小さくなり、電流Iは再びもとの方向に流れる。そして、誘起電圧E（ピストン4の振幅に比例）が抑制された制動後の定常状態で動作する。

【0048】図6のフローチャートで説明すると、回生制御部31はストローク（振幅の2倍の変位）を検出し（201）、それが許容値より大きいかどうかを判定する（202）。大きい場合には、駆動部22の出力制御として「電圧低減制御」を行う（203）。ここで、実際に電圧を下げるには、図4におけるPWM変調された電圧のデューティ比を小さくすることで、印加電圧を小さくすることができる。即ち、図1における通電素子U、V側のデューティ比を小さくする。また、図8（b）の回生電流は、このデューティがOFFのときに、ダイオードDu、Dvを通して電源側に流れることになる。

【0049】本実施形態による回生制御部31によっても、前述の実施形態と同様に図7に示すようなハイレスポンスなストロークの低減、すなわち衝突回避が可能となる。

【0050】以上説明したように、本実施形態によれば、比較的簡単な構成と制御でハイレスポンスに衝突回避をすることができ、またピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0051】（実施の形態3）図9を参照し、回生制御部31の別の動作について説明する。図9（a）は、リニア圧縮機1の定常状態における各部の波形図であり、前述したように印加電圧Vに対して、電流Iが遅れ、それと同相（方向は逆）で誘起電圧Eが発生している。

【0052】今、この状態で衝突防止手段30において、衝突の危険性が察知されたとすると、回生制御部31は、図9(b)のA点に示すように、印加電圧Vの位相を遅らせ、かつ、印加電圧Vを低減する(以下、このような制御を「電圧位相制御」という。)。これによりB点に示すように、直ちに印加電圧Vが誘起電圧Eよりも小さくなり、電流Iが定常状態とは逆方向に流れる。この図9(b)のB点以降の状態はリニア圧縮機1の誘起電圧Eによって電流Iが電源側に流されている状態(図3(b)参照)であるので明らかに回生(発電)状態であり、ピストン4には制動力が作用する。その結果、図9(c)に示すようにピストン4の振幅が抑制され、それに比例する誘起電圧Eが小さくなり、電流Iは再びもとの方向に流れる。そして、誘起電圧E(ピストン4の振幅に比例)が抑制された制動後の定常状態で動作が行なわれる。

【0053】図6のフローチャートで説明すると、回生制御部31は、先ずストローク(振幅の2倍の変位)を検出し(201)、それが許容値より大きいかどうかを判定し(202)、大きい場合には、駆動部22の出力制御として「電圧位相制御」を行う(203)。

【0054】なお、定常時に電流を主体に制御を行っている場合には、先ず、電流位相を変化させてもよい(電流位相制御)。例えば、図9(b)の場合は、電流Iの位相が誘起電圧Eの位相と逆位相になるように、又は、図3(b)の場合は、電流Iの位相が誘起電圧Eの位相と同方向になるように電流Iの位相を制御する。これによっても同様の効果が得られる。

【0055】この位相制御の特徴は、直ちに制動力を作用させられる点であり、電圧低減の場合よりハイレスポンスに衝突が回避できる。

【0056】以上説明したように、本実施形態によれば、極めてハイレスポンスに衝突回避をすることができ、かつピストンの振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0057】(実施の形態4)図10を参照し、能力制御部24の別の動作について説明をする。本実施形態では、特に、リニア圧縮機1の外乱振動を利用し、リニア圧縮機1を効率的に駆動する制御について説明する。

【0058】図10(a)は、リニア圧縮機1の定常状態における各部の波形図である。同図において、印加電圧Vに対して、電流Iが遅れ、それと同相(方向は逆)で誘起電圧Eが発生している。

【0059】今、印加電圧Vが一定のもと、共振周波数付近の外乱振動によってピストン4の振動が助長されたとすると、図10(b)のように、誘起電圧Eが大きくなり、電流Iが小さくなる。この状態は、外乱振動によって圧縮動作がアシストされている状態であり、少ない電力で外乱振動がないときと同じ能力(出力)が得られている状態である。

【0060】さらに外乱振動によって、誘起電圧Eが印加電圧Vと等しくなるまで、振幅が助長されたとすると、図10(c)に示すように電流Iがゼロになる。この状態は外乱振動によって圧縮動作が100%アシストされている状態であり、電力ゼロで外乱振動がないときと同じ能力(出力)が得られている状態である。

【0061】次に、さらに外乱振動によって、誘起電圧Eが印加電圧Vよりも大きくなるまで振幅が助長されたとすると、図10(d)に示すように、電流が逆方向に流れる。この状態は外乱振動によって圧縮動作が100%アシストされ、かつ発電している状態であり、発電しながら外乱振動がないときと同じ能力(出力)が得られている状態である。

【0062】また、外乱振動によって、ピストン4の振動が逆に制動された場合は、誘起電圧Eも減少するので、流れる電流Iが増えて、ピストン4には推進力が追加作用し、振幅を増やすようにフィードバックがかかる。なお、この外乱振動によるピストン振動の助長や制動は、外乱振動とピストン振動の位相関係で決定される。

【0063】したがって、外乱振動とピストン振動の位相とを検出することで、ピストン振動が外乱振動により常に助長されるように、または、常に制動されるように制御することが可能となる。

【0064】外乱振動は、実際のピストン4の変位または位相を検出し、この検出値を、能力指令により定まるピストンの変位または位相と比較することにより検出できる。外乱振動が検出されたときに印加電圧Vを一定値に制御(印加電圧一定制御)あるいは印加電圧Vの上限値を制限することにより効率的な駆動が可能となる。このとき、検出された外乱振動の大きさが所定値より大きい場合にのみ、印加電圧Vを一定値に制御し、又は上限値を制限するようにしてもよい。

【0065】上記の外乱振動検出時の制御について、図5のフローチャートで能力制御部24内での制御を説明する。外乱振動が検出されると、所望の能力(能力指令)を印加電圧として設定器25から入力し(101)、次に実際の能力として印加電圧を検出する(102)。そして、所望値と実際の値を比較し(103)、所望値が変更されていれば、内部指令値を更新し(104)、変更されていなければ更新はせず、印加電圧が所望の一定値に略等しくなるように駆動部22の出力を制御(印加電圧一定制御)する(105)。

【0066】以上説明したように、本実施形態によれば、通常動作時において、外乱振動による余剰エネルギーを電力に変換することができ、さらなる省エネ、高効率化が図れる。同時に比較的簡単な制御と構成で、外乱振動に対するピストン振幅の安定化が図れる。

【0067】(実施の形態5)本実施形態では、リニア圧縮機1の能力をピストン4の振幅に比例する誘起電圧

Eが一定になるように制御する（以下このような制御を「誘起電圧一定制御」という。）。

【0068】まず、誘起電圧Eの検出方法について説明する。図1において、誘起電圧検出部32は、モータ電流検出部26からの電流情報と、制御部33自身で出力*

$$E = V - R \cdot I - L (dI/dt) \div V - R \cdot I \quad (1)$$

【0070】また回生状態においては、図3(b)に示す等価回路から誘起電圧Eは、次の式(2)で表され ※

$$E = V + R \cdot I + L (dI/dt) \div V + R \cdot I \quad (2)$$

【0071】従って、モータ巻線抵抗Rが予め分かっている★かかる。

いれば、瞬時電圧V(B、C点における値)と、電流I(A、D点における値)とから誘起電圧Eが計算できる。

【0072】以上のようにして誘起電圧Eを検出しながら、誘起電圧Eがリニア圧縮機1の能力に応じた一定値になるように制御すれば良い。

【0073】誘起電圧Eは、電圧Vや電流Iを変化させることにより所望値に調整される。また、たとえ共振状態からずれていて、誘起電圧Eと電流Iの位相が一致していなくても、正弦波の90°、270°付近では、関数としての変化量が小さく、比較的小さい誤差で収まる。

【0074】図11を用いて状態推移を説明する。図11(a)は、リニア圧縮機1の定常状態における各部の波形図であり、共振周波数付近の外乱振動によってピストン振幅が助長されたときは、図11(b)のように、誘起電圧Eを一定にするために、印加電圧Vを下げて電流Iが小さくなるようにする。この状態は、外乱振動によって圧縮動作がアシストされている状態であり、少ない電力で同じ能力(出力)を得ているということである。

【0075】次に、さらに外乱振動によって、ピストン振幅が助長されたとすると、誘起電圧Eを一定にするために、図11(c)のように、印加電圧Vをさらに下げて、電流Iを逆方向に流す。この状態は外乱振動によって圧縮動作が100%アシストされ、かつ発電している状態であり、発電しながら同じ能力(出力)を得ているということである。

【0076】また外乱振動によって、ピストン振幅が制動され場合には、誘起電圧Eを一定にするために、流れる電流Iを増やすことで、ピストン4には推進力が追加作用し、ピストン振幅を増やすようにフィードバックが★

$$X = v / \omega = E / (\omega \cdot BL) = (V - R \cdot I) / (\omega \cdot BL) \quad (4)$$

なお、 ω は角速度であり、周波数をfとすると $\omega = 2\pi f$ であり、(5)式が得られる。

$$X = (V - R \cdot I) / (2\pi f \cdot BL) \quad (5)$$

従って、往復ストロークSTは振幅の二倍であるので、(6)式で表される。

$$ST = 2(V - R \cdot I) / (2\pi f \cdot BL) \quad (6)$$

【0084】このように、モータ巻線抵抗R、瞬時電圧

*している電圧情報とから誘起電圧Eを検出する。

【0069】具体的には、図2において、電流位相が90°と270°付近の点A、Dにおいては、電流の変化率(dI/dt)がゼロに近いので、図3(a)に示す等価回路から誘起電圧Eは、次の式(1)で表される。

※る。

10★かかる。

【0077】図5のフローチャートで能力制御部24内での制御を説明する。所望の能力を誘起電圧として設定器25から入力し(101)、次に実際の能力を前述した方法を用い誘起電圧として検出する(102)。そして、所望値と実際の値を比較し(103)、所望値が変更されていれば、内部指令値を更新し(104)、変更されていない場合は更新せず、誘起電圧が所望の一定値に略等しくなるように駆動装置の出力を制御する(誘起電圧一定制御)(105)。

【0078】この誘起電圧に基いて制御するということは、周波数が一定の条件では、振幅を制御することと等価であり、精度良く振幅の安定化が図れる。

【0079】以上説明したように、本実施形態によれば、比較的精度よく、外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ることができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0080】(実施の形態6)本実施形態では、リニア圧縮機1の能力をピストン4の変位を直接検出し、一定になるように制御する。(以下このような制御を「ストローク一定制御」という。)

【0081】まず、ピストン変位として往復ストローク(以下「ストローク」という。)を検出する方法について説明する。

【0082】ここでは、前述実施の形態5で説明した誘起電圧と、印加電圧の周波数とを用いてストロークを検出する。

【0083】まず、誘起電圧Eの最大値が分かっているので、ピストン4の速度の最大値vは、次の式(3)で表される。

$$v = E / (BL) \quad (3) \quad (BL \text{ は推力定数})$$

そして、この速度の最大値vを用いて振幅Xを表すと、式(4)となる。

V、電流I、印加周波数f、推力定数BLが分かっている★

【0085】図12に、変位検出部28におけるストローク検出のための制御フローチャートを示す。図12において、電流Iの位相が90°であるか否かを判断し

(301)、電流位相が90°であれば、そのときの瞬時電流Iを検出する(302)。次に、瞬時電圧Vを直

50

流電圧とデューティ比とから求め(303)、誘起電圧Eを瞬時電圧Vと瞬時電流Iとから求める(304)。そして、ストロークSTを上記(6)式を用いて求める(305)。

【0086】このようにしてストロークを検出しながら、その検出したストロークがリニア圧縮機1の能力に応じた一定値になるように制御を行なえば良い。実際にストロークを調整するためには、ストロークが所望値になるように電圧Vや、電流Iを変化させる。

【0087】図11は、この制御における状態推移についても説明する。周波数一定のもとでは、実施の形態5で説明した誘起電圧を一定するのと同じであるので、説明は省略する。

【0088】図5のフローチャートを用いて能力制御部24の制御を説明する。所望の能力をストロークとして設定器25から入力し(101)、次に実際の能力を前述した方法を用いストロークとして検出する(102)。そして、所望値と実際の値を比較し(103)、所望値が変更されていれば、内部指令値を更新し(104)、変更されていなければ更新はせず、ストロークが略一定となるように駆動装置の出力を制御する(ストローク一定制御)(105)。

【0089】このストロークで制御するというにより、たとえ共振周波数が変動しても、正確に振幅を制御することができる。

【0090】以上説明したように、本実施形態によれば、幅広い条件で、極めて精度よく、安価な構成で外乱振動に対するピストン振幅の安定化を図ることができる。同時に、ハイレスポンスな衝突回避と、通常動作時の省エネ、高効率化が図れる。

【0091】(実施の形態7)図13は、リニア圧縮機1を車両へ搭載した様子を示した図である。一般に自動車においては、搭載場所にも依るが、最大30Gもの振動加速度が発生することが知られている。従って図13に示すように、リニア圧縮機1を自動車に搭載し、上記の実施形態によるリニア圧縮機1の制御駆動を行なうことにより、前述した衝突防止や、外乱振動による圧縮のアシスト、発電による省エネ、信頼性のアップについて格別の効果が得られるのは明白である。特にピストンの運動方向を上下方向に搭載した場合には、路面からの加振力を有効に活用することができる。

【0092】さらに、近年注目されている、電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池車などのエコカーにおいては、車両の燃費向上という意味からも本実施の形態は有望である。またCO₂(炭酸ガス)冷媒のカーエアコンは、従来の冷媒であるHFC134aに比較して、冷媒の効率が悪いので、この面でも効率アップの効果が期待できる。

【0093】図14はエンジンへの取付図である。エンジン42にリニア圧縮機1が取り付けられており、か

つ、ピストン4の軸線が、エンジン42のピストン43の軸線と同方向となっている。このようにすることで、エンジン42からの加振力を有効に活用することができる。

【0094】また、リニア圧縮機1の作動時に発生する上下方向(図14における上下方向)の振動を、エンジン42のダンピング機構40で吸収することが可能となり、車シャーシ41へのリニア圧縮機1の振動が伝わりにくくなり、実際に乗員が感じる振動を低減することが可能となる。

【0095】以上説明したように、本実施形態によれば、従来無駄になっていた車両の振動エネルギーを電気エネルギーとして回収することができ、また外乱振動にリニア圧縮機の圧縮動作を委ねることで、駆動電力が低減され省エネを図ることができる。さらに車の燃費向上や、環境への貢献も期待できる。

【0096】(実施の形態8)図15に示すように電源部において商用電源20と並列接続してバッテリー23を設けてもよい。このようにバッテリー23を設けることにより、リニアモータ3からダイオードDu、Dvを通して電源側に流れる回生電流がバッテリー23に充電されるので、回生を効率良く行うことができる。同時に回生による直流部分の電圧の上昇も抑えることができ、通電素子の保護にもなる。

【0097】特に、前述したエコカーのバッテリーであれば、車両のモータからの大きな回生電流に十分に耐えられるように設計されているので、バッテリーの信頼性上の問題はない。

【0098】尚、バッテリーが接続されていない他の実施の形態においては、コンデンサ34に回生電流を充電したり、直流部分に接続されている他の負荷に電力・電流を供給することで、回生を行うこととなる。

【0099】以上説明したように、本実施形態によれば、バッテリーに電力を回生することで、回生効率がアップし、また回生制動時に発生する電圧上昇の保護も可能となる。さらにこのバッテリーが、例えば電気自動車やハイブリッド自動車の電源の場合には、車の燃費向上も期待できる。

【0100】

【発明の効果】本発明のリニア圧縮機の制御駆動装置によれば、リニア圧縮機を回生状態に制御することによってハイレスポンスに衝突回避をすることができ信頼性がアップする。またピストンの余剰振動エネルギーを電力に変換しているので省エネ、高効率化が図れる。

【0101】また、リニア圧縮機への印加電圧を低減することによって回生状態に制御してもよく、これにより、比較的簡単な構成と制御でハイレスポンスに衝突回避をすることができ、さらに、コストパフォーマンスがアップする。

【0102】または、リニア圧縮機への印加電圧の位相

を変化させることによって急激に回生状態に制御してもよく、これにより、比較的簡単な構成と制御で、極めてハイレスポンスに衝突回避をすることができ、コストパフォーマンスと信頼性がアップする。

【0103】また、リニア圧縮機への印加電圧を略一定に制御することによって定常時の能力を制御してもよく、衝突防止時だけではなく、通常動作時にも外乱振動による余剰エネルギーを電力に変換することができ、さらなる省エネ、高効率化が図れる。同時に外乱に対するピストン振幅の安定化が図れ、快適性がアップする。

【0104】または、リニア圧縮機のモータに誘起される電圧を略一定に制御することによって定常時の能力を制御してもよく、これによっても、さらなる省エネ、高効率化が図れる。同時に、比較的精度よくピストン振幅の安定化を図ることができ快適性もアップする。

【0105】また、リニア圧縮機のピストン変位を略一定に制御することによって能力を制御してもよく、さらなる省エネ、高効率化が図れる。同時に、幅広い条件で極めて精度よくピストン振幅の安定化を図ることができ快適性がアップする。

【0106】また、特別な速度センサや位置センサを用いることなく、誘起電圧を略一定に制御して定常時の能力を制御してもよい。これにより、コストパフォーマンスがアップし、装置の小型化が図れる。さらに比較的精度よくピストン振幅の安定化を図ることができ、快適性がアップする。

【0107】または、変位を検出し、略一定に制御して能力を制御してもよい。これによっても、コストパフォーマンスの向上、装置の小型化が図れ、さらに比較的精度よくピストン振幅の安定化を図ることができ、快適性がアップする。

【0108】また、リニア圧縮機と、その制御駆動装置を車両に搭載してもよく、従来無駄になっていた車両の振動エネルギーを電気エネルギーとして回収することができ、自動車の省エネ、燃費向上を図ることができる。

【0109】また、駆動装置の電源と並列に接続したバッテリーを設け、そのバッテリーに電力を回生するようにしてもよい。これにより、回生効率がアップし、また回生制動時に発生する電圧上昇の保護も可能となり信頼性もアップする。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係るリニア圧縮機の制御駆動回路の構成図。

【図2】 リニア圧縮機の位相関係図（定常状態）。

【図3】 （a）リニア圧縮機の等価回路図（定常時）、（b）リニア圧縮機の等価回路図（回生時）。

【図4】 PWM印加電圧の波形図。

【図5】 本発明の実施形態における能力制御部の制御フローチャート。

【図6】 本発明の実施形態における回生制御部の制御

フローチャート。

【図7】 本発明と従来例による制動時間の比較図。

【図8】 実施の形態2における、（a）リニア圧縮機の位相関係図2（定常状態）、（b）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図1（電圧低減）、（c）リニア圧縮機の位相関係図3（制動後）。

【図9】 実施の形態3における、（a）リニア圧縮機の位相関係図2（定常状態）、（b）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図1（電圧低減）、（c）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図2（位相制御）。

【図10】 実施の形態4における、（a）リニア圧縮機の位相関係図4（定常状態）、（b）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図3（電圧一定制御）、（c）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図4（電圧一定制御）、（d）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図5（電圧一定制御）。

【図11】 実施の形態5における、（a）リニア圧縮機の位相関係図5（定常状態）、（b）本発明の制御によるリニア圧縮機の位相関係図6（誘起電圧／ストローク一定制御）、（c）本発明の制御による位相関係図7（誘起電圧／ストローク一定制御）。

【図12】 実施の形態6における変位検出部の制御フローチャート。

【図13】 実施の形態7におけるリニア圧縮機の車両への搭載を説明した図。

【図14】 実施の形態7におけるリニア圧縮機の車両エンジンへの取り付けを説明した図。

【図15】 実施の形態8において商用電源と並列に設けられたバッテリーを説明した図。

【図16】 一般的なりニア圧縮機の縦断面図。

【符号の説明】

1 リニア圧縮機

2 シリンダ部

2a シリンダ内周壁

2b シリンダヘッド

3 モータ部

4 ピストン

4a ピストン圧縮面

5 ピストンロッド

6 支持ばね（共振板ばね）

20 商用電源

21 整流ダイオード

22 駆動装置

23 バッテリー

24 能力制御部

26 電流検出部

27 変位センサ

28 変位検出部

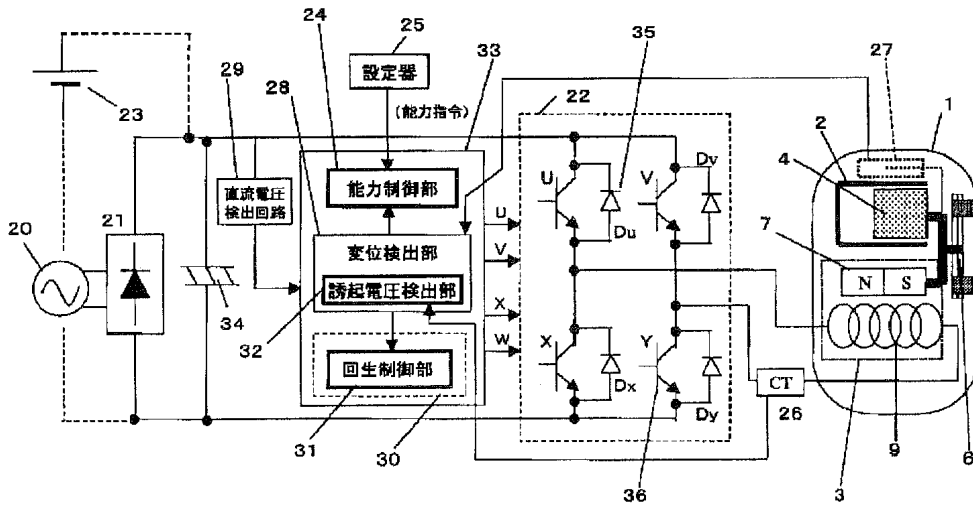
29 直流電圧検出回路

- 30 衝突防止部
- 31 回生制御部
- 32 誘起電圧検出部
- 33 制御部

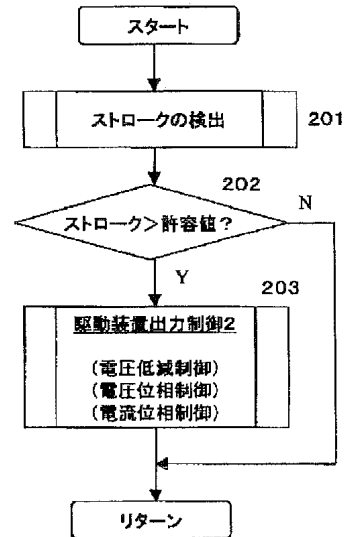
- * 34 平滑コンデンサ (ゴールドキャパシタ)
- 35 フライホイールダイオード
- 36 通電素子 (IGBT)

*

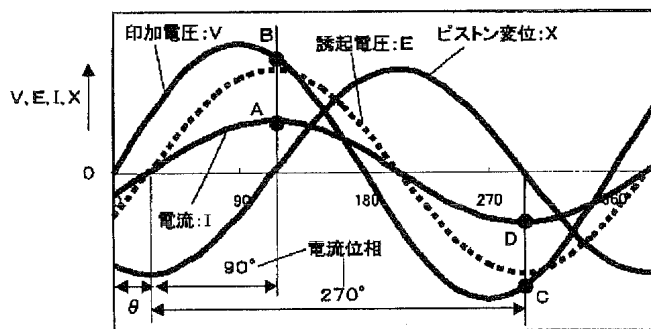
【図1】



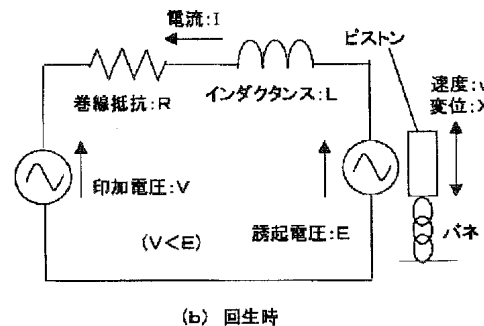
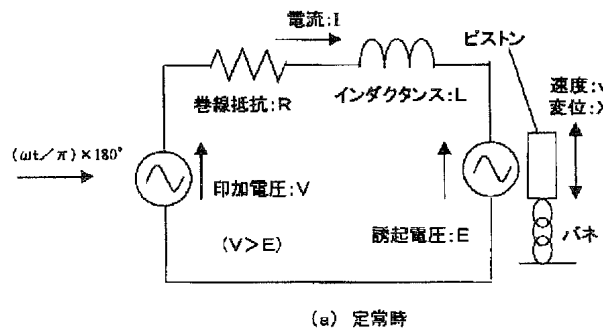
【図6】



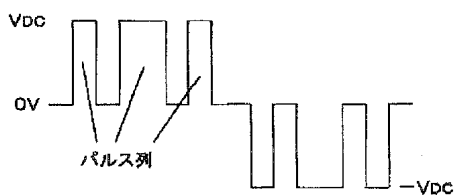
【図2】



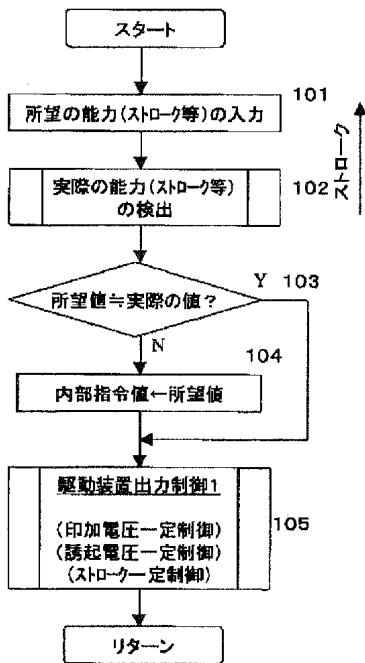
【図3】



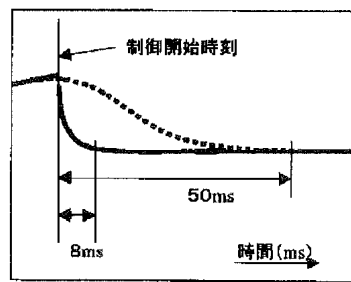
【図4】



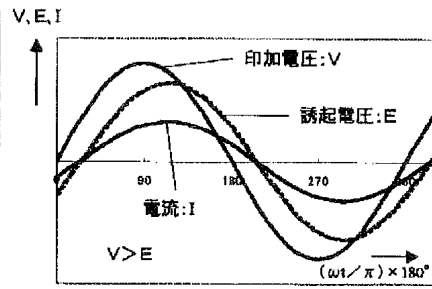
【図5】



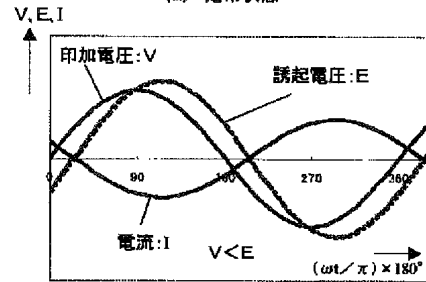
【図7】



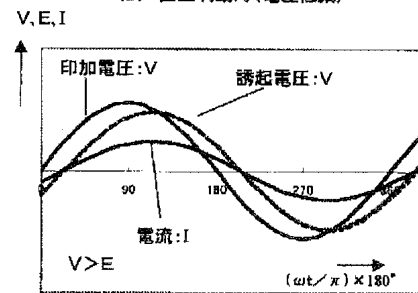
【図8】



(a) 定常状態

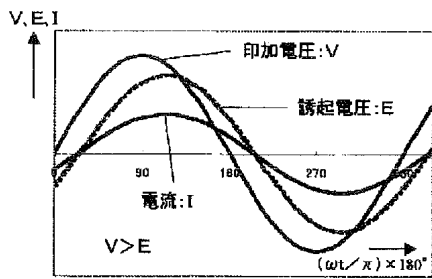


(b) 回生制動時(電圧低減)

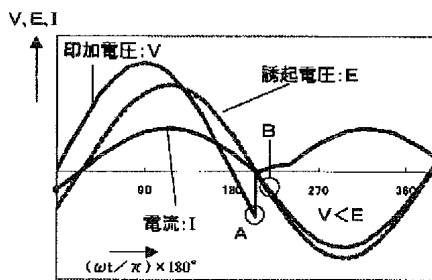


(c) 制動後の定常状態

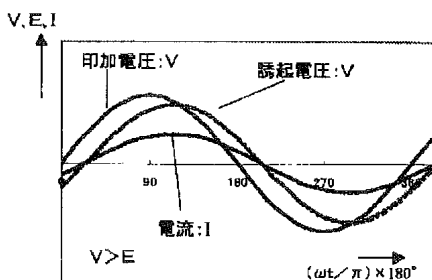
【図9】



(a) 定常状態

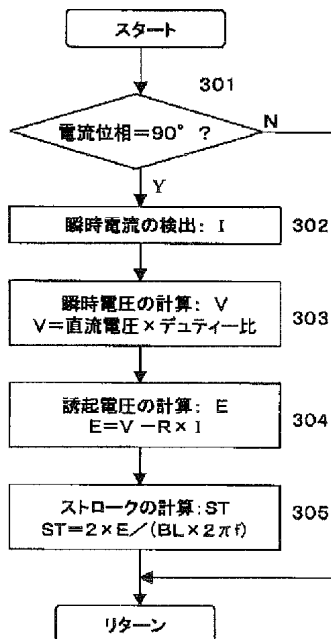


(b) 回生制動時(位相制御+電圧低減)

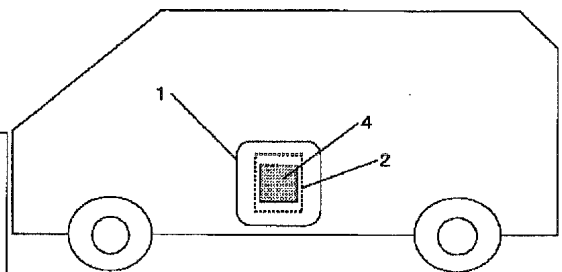


(c) 制動後の定常状態

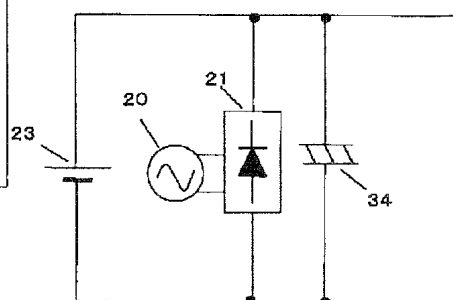
【図12】



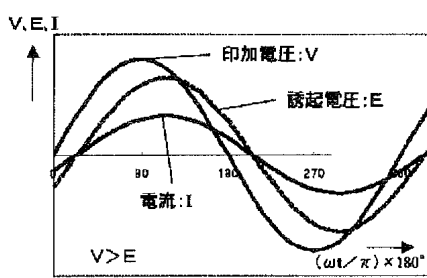
【図13】



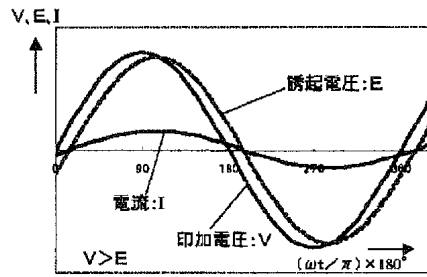
【図15】



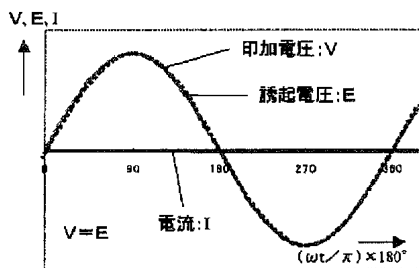
【図10】



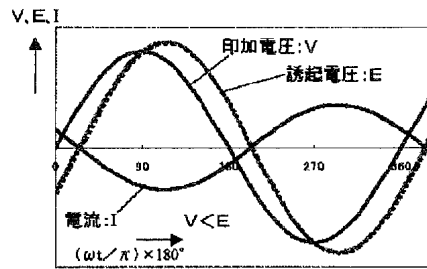
(a) 定常状態



(b) 電圧一定制御1

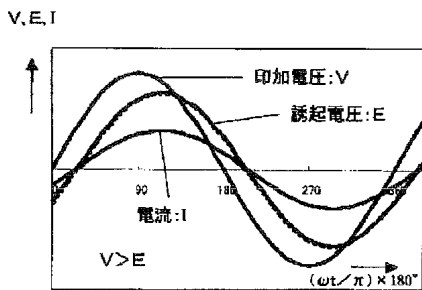


(c) 電圧一定制御2

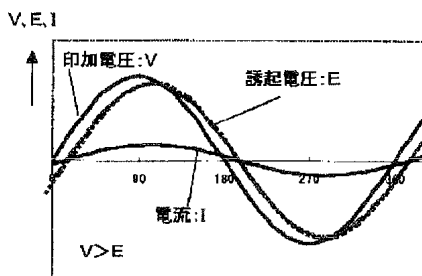


(d) 電圧一定制御3

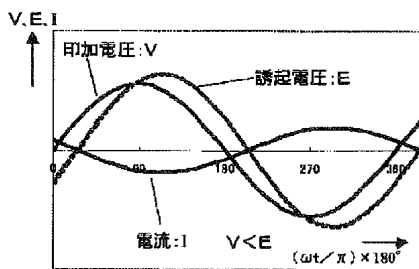
【図11】



(a) 定常状態

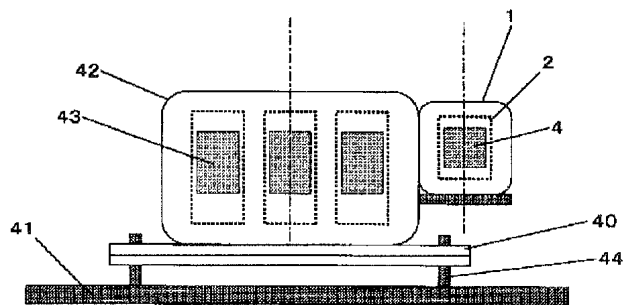


(b) 誘起電圧/ストローク一定制御1

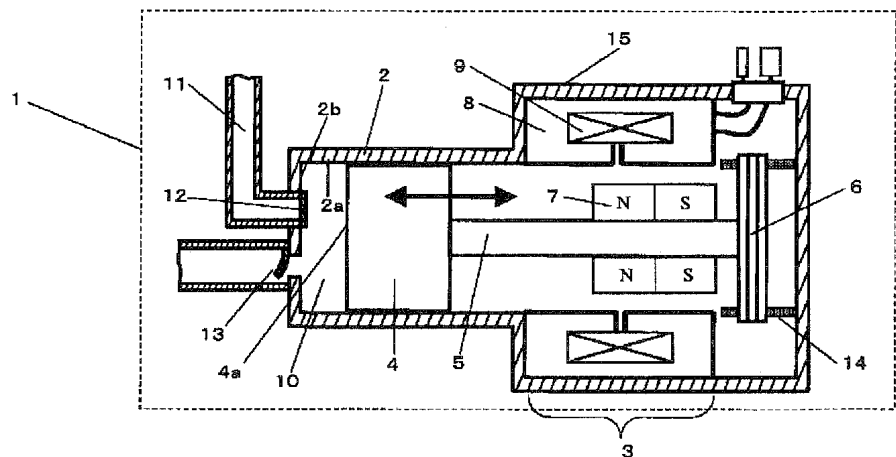


(c) 誘起電圧/ストローク一定制御2

【図14】



【図16】



フロントページの続き

(72)発明者 植田 光男
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

F ターム(参考) 3H045 AA03 AA25 BA01 BA31 BA41
CA21 DA41 DA45 EA26 EA34
EA42 EA49
3H076 AA02 BB26 BB28 BB43 CC03
5H540 AA10 BA03 FA06 FB05 FC02
FC03
5H633 BB08 BB10 GG02 GG04 GG09
GG16 GG21 GG22 GG23 HH03
HH23 JA02 JB07